

ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

DOI: 10.25586/RNUV9187.19.01.P.124

УДК 061.68; 004.451.46

А.И. Захаров, Г.А. Брякалов, Я.В. Чмыхова

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Посвящено проблеме рационального использования средств обработки данных с заданным уровнем доступности, надежности, безопасности и управляемости. В рамках этой проблемы достаточно остро стоит вопрос расчета и оценки возможностей вычислительных средств центров обработки данных. Предложена методика оценки возможностей вычислительных средств центров обработки данных, которая позволяет произвести расчет объема информации, обработанной отдельным процессором, ЭВМ или вычислительной системой в целом. Приведенный пример иллюстрирует методику, которая позволяет решать задачу анализа для реального состава вычислительных средств. *Ключевые слова:* центр обработки данных, производительность, расчет объема информации.

A.I. Zakharov, G.A. Bryakalov, Ya.V. Chmykhova

THE TECHNIQUE FOR ASSESSING THE CAPABILITIES OF THE COMPUTING CENTER FACILITIES DATA PROCESSING

The article is devoted to the problem of rational use of data processing tools with a given level of availability, reliability, security and manageability. Within the framework of this problem, the question of calculating and evaluating the capabilities of data center computing facilities is quite acute. A method is proposed for evaluating the capabilities of computing facilities of data processing centers, which allows one to calculate the amount of information processed by a separate processor, computer, or computing system, as a whole. The given example illustrates a technique that allows solving the problem of analysis for the actual composition of computational tools.

Keywords: data center, performance, calculation of the amount of information.

Введение

Назначение центра обработки данных (ЦОД) – обеспечение гарантированной безотказной работы информационной системы объекта с заданными уровнями доступности, надежности, безопасности и управляемости.

Создание ЦОДов позволяет реализовать следующие преимущества:

- повышение эффективности и надежности эксплуатации вычислительных ресурсов;
- снижение издержек на предоставление инженерных коммуникаций;
- обеспечение высокого уровня защиты информационной системы;
- возможность параллельной обработки информации [1; 3].

При запуске, испытании и отладке вычислительных средств специального назначения специалистам ЦОДа приходится решать ряд задач по организации вычислительного процесса вычислительных средств.

Захаров А.И., Брякалов Г.А., Чмыхова Я.В. Методика оценки возможностей...

К этим задачам можно отнести:

- определение максимальной вычислительной мощности вычислительных средств;
- вычисление объема специальной информации, который могут обработать вычислительные средства за любой заданный отрезок времени T ;
- расчет состава вычислительных средств, с помощью которых можно обработать максимальный или заданный объем информации за определенный отрезок времени T .

Актуальность статьи обусловлена тем, что в современной практике расчетов часто возникает необходимость прогноза и получения комплексной оценки расчета вычислительной возможности вычислительных средств ЦОДа.

В связи с этим нужно решать одну из двух задач: задачу анализа или задачу синтеза вычислительных средств ЦОДа.

1. *Задача анализа* решается для реального состава вычислительных средств ЦОДа, когда необходимо провести расчет объема обработанной информации для заданного промежутка времени.

2. *Задача синтеза* решается при проектировании ЦОДа, когда необходимо определить состав и структуру вычислительных средств для обработки необходимого объема информации за заданный промежуток времени.

Ограничимся рассмотрением методики решения задачи анализа, связанной с оценкой мощности вычислительных средств ЦОДа.

Содержательная постановка задачи

Мощность – это физическая величина, измеряемая отношением работы к промежутку времени, в течение которого она произведена.

В вычислительной технике *вычислительная мощность* компьютера – это количество *вычислительных* операций, выполненных компьютером, за промежуток времени, в течение которого они произведены.

В настоящее время понятие «вычислительная мощность ЭВМ» отождествляется с понятием «производительность ЭВМ», обозначается PR и измеряется в флопсах (количество операций с *плавающей запятой в секунду*), а также производными от них.

Содержательная постановка задачи анализа вычислительных средств ЦОДа может быть сформулирована следующим образом.

Дано:

комплекс вычислительных средств ЦОДа заданного размера (большой, средний, малый, мобильный – согласно классификации) с соответствующей энерговооруженностью [4].

Требуется:

- 1) определить суммарную производительность вычислительных средств ЦОДа;
- 2) рассчитать общее количество информации, переработанной вычислительными средствами за заданное время.

В вычислительной технике производительность ЭВМ PR – это скорость выполнения процессором определенных операций, измеряемая количеством переработанной информации $K_{\text{инфо}}$ к промежутку времени T :

$$PR = K_{\text{инфо}} / T. \quad (1)$$

*Основы методики расчета производительности вычислительных средств ЦОДа***Расчет производительности процессора**

Для подсчета максимальной производительности процессора нужно учитывать, что современные процессоры в каждом своем ядре содержат несколько исполнительных блоков разного типа (в том числе для операций с плавающей запятой), работающих параллельно, что позволяет выполнять более одной инструкции за такт.

Например, для процессора, имеющего в своем составе 4 ядра (Core 2 Quad), каждое из которых выполняет 4 операции за такт, и работающего на частоте 3,5 ГГц, теоретический предел производительности составляет

$$PR = 4 \cdot 4 \cdot 3,5 \text{ ГГц} = 56 \text{ Гфлопс.}$$

Расчет объема информации, обработанной отдельной ЭВМ

Зная производительность PR конкретного процессора, можно оперативно определить общее количество обработанной информации K за заданный период времени T по следующим формулам:

$$K = PR \cdot T, \quad (2)$$

где K – максимальный объем обработанной информации за период времени T ;

$$K_{\text{раб}} = K - K_{\text{затр}}, \quad (3)$$

где $K_{\text{раб}}$ – реальный рабочий объем обработанной информации; $K_{\text{затр}}$ – потери объема информации за счет общих системных затрат, сбоев и простоев;

$$K_{\text{затр}} = PR \cdot T_{\text{затр}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{затр}}$ – время общих системных затрат, сбоев и простоев.

Расчет объема информации, обработанной вычислительной системой

Расчет объема информации $K_{\text{вс}}$ реально обработанной вычислительной системой (ВС), состоящей из N однородных процессоров, выполняется по следующей формуле:

$$K_{\text{вс}} = K_{\text{раб}} \cdot N, \quad (5)$$

где $K_{\text{вс}}$ – реальный рабочий объем информации, обработанной ВС.

Для ВС из N разнородных процессоров реальный объем информации $K_{\text{вс}}$, обработанной за промежутки времени T , определяют по формуле

$$K_{\text{вс}} = \sum_{i=1}^N (PR_i (T_i - T_{\text{затр}i})). \quad (6)$$

Алгоритм расчета производительности вычислительных средств ЦОДа

В общем виде вербальная формулировка алгоритма расчета мощности главных компонент вычислительных средств ЦОДа сводится к следующему:

Шаг 1. Расчет производительности процессора

Расчет производительности процессора производится в флопсах или его производных. Примеры расчета производительности типовых процессоров, применяемых в производстве ВС, дают следующие значения:

- Процессор Core 2 Duo: $2 \cdot 4 \cdot 3,0 \text{ ГГц} = 24 \text{ Гфлопс.}$
- Процессор AMD Phenom 9500 sAM2: $4 \cdot 4 \cdot 2,2 \text{ ГГц} = 35,2 \text{ Гфлопс.}$
- Процессор Эльбрус-ЕЗМ: 2,3 Гфлопс. Более новые процессоры могут исполнять до

Захаров А.И., Брякалов Г.А., Чмыхова Я.В. Методика оценки возможностей...

8÷16 и даже до 32 операций над 64-разрядными числами с плавающей запятой за такт (на каждом ядре).

- Процессор Intel i7 2700: $8 \cdot 4 \cdot 3,9 \text{ ГГц} = 124,8 \text{ Гфлопс}$.

Шаг 2. Расчет объема информации, обработанной отдельной ЭВМ

Зная общую производительность PR конкретной ЭВМ, можно оперативно определить общее количество (объем) обработанной информации K за заданный период времени T по уже определенной из формул (2)–(4) формуле

$$K_{\text{раб}} = PR(T - T_{\text{загр}}). \quad (3')$$

Шаг 3. Расчет объема обработанной информации вычислительной системой ЦОДа

Расчет объема реально обработанной информации ВС, состоящей из N однородных процессоров, вычисляется по формуле (5).

Расчет объема информации, реально обработанной ВС, состоящей из N разнородных процессоров, выполняется по формуле (6).

Угруппированный алгоритм вычислений может быть выполнен в виде отдельных модулей и соответствует вербальному описанию пошаговой последовательности выполнения поставленных задач:

1. Расчет производительности процессора.
2. Расчет объема обработанной информации ЭВМ.
3. Расчет объема информации, обработанной однородной ВС ЦОДа.
4. Расчет объема информации, обработанной разнородной ВС ЦОДа.

Методику расчета и оценки величины объема информации, обработанной вычислительными средствами, рассмотрим на примере решения задачи анализа вычислительной возможности средств ЦОДа.

Математическая постановка задачи

Дано:

1. Известно, что в качестве вычислительных средств ЦОДа используется вычислительный комплекс ВК «Сивуч-4»-16 [2].
2. Вычисление объема информации для однородной ВС производится с использованием математической зависимости

$$K_{\text{вс}} = (PR(T - T_{\text{загр}}))N. \quad (5')$$

Объем информации, поступившей для обработки на ЦОД

$$K_{\text{зад}} = 55 \text{ петафлопс.}$$

Требуется:

- 1) определить суммарную производительность ВК «С-4»-16;
- 2) вычислить общее количество информации, переработанное ВК «С-4»-16 за сутки ($T = 24 \text{ ч}$);
- 3) провести сравнительный анализ факта выполнения поставленной задачи, т.е. убедиться в том, что $K_{\text{вс}} \geq K_{\text{зад}}$.

Правильность работы алгоритма можно проконтролировать с помощью ручной проверки:

1. Определение суммарной производительности ВК «С-4»-16

Суммарная производительность определяется с использованием реальных характеристик вычислительного комплекса, которые приведены в таблице [2; 5].

Характеристики ВК «С-4»-16

Показатель	Значение
Количество ВК «Сивуч-1», шт.	16
Количество ИМС 1891ВМ7Я («Эльбрус-2С+»), шт.	576
Тактовая частота ИМС 1891ВМ7Я, МГц	500
Производительность, TFLOPS, не менее	6,4
Оперативная память, Тбайт	4,608
Внешняя Flash память, Тбайт	73,728

Расчет суммарной производительности ВК «С-4»-16 осуществляется по следующей схеме:

$$PR_{\text{ВК «С-4»-16}} = (\text{Кол-во ядер}) \cdot (\text{Кол-во микросхем}) \cdot (\text{Тактовая частота ИМС}).$$

С использованием конкретных характеристик производительность ВК обретает следующее значение:

$$PR_{\text{ВК «С-4»-16}} = 2 \cdot 576 \cdot 0,5 \text{ ГГц} = 576 \text{ Гфлопс}.$$

2. Расчет объема рабочей информации, обработанной ВК «С-4»-16

С учетом того, что в сутках 86 400 с, а $T_{\text{загр}}$ составляют примерно одну треть от T , объем рабочей информации определяется по формуле

$$\begin{aligned} K_{\text{ВК «С-4»-16}} &= PR_{\text{ВК «С-4»-16}} (T - T_{\text{загр}}) = 576(86\,400 \text{ с} - 28\,800 \text{ с}) = \\ &= 576 \cdot 57\,600 \text{ с} = 33\,177\,600 \text{ Гфлопс} = 33\,177,6 \text{ Терафлопс}. \end{aligned}$$

3. Сравнительный анализ факта выполнения поставленной задачи

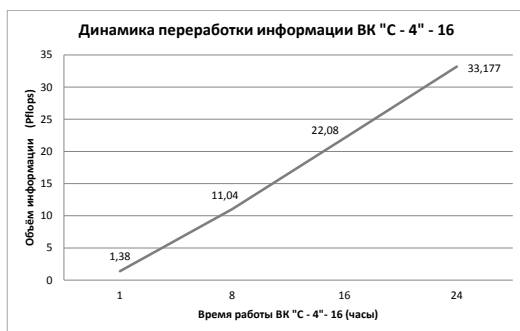
В результате решения задачи получено $K_{\text{ВК «С-4»-16}} = 33,177$ Петафлопс. Сравняя полученное значение с заданным ($K_{\text{зад}} = 55$ Петафлопс), можно сделать вывод, что вычислительные возможности ЦОДа недостаточны для обработки заданного объема информации за сутки ($T = 24$ ч).

Данную задачу коллектив ЦОДа сможет выполнить за 1,66 суток, когда значение $K_{\text{ВК «С-4»-16}} = 1,66 \cdot 33,177 = 55,073$ Петафлопс будет больше $K_{\text{зад}}$.

Оценка результатов расчета производительности вычислительных средств ЦОДа

Динамика суточной переработки информации вычислительным комплексом ВК «С-4»-16 при производительности ВК ($PR_{\text{ВК «С-4»-16}} = 576$ Гф), рассчитанной с учетом суммарных системных затрат без сбоев и отказов, приведена на рисунке. Из анализа диаграммы следует, что динамика процесса позволяет оперативно определять объем переработанной информации в любой необходимый момент времени суток. Например, за один час работы будет обработано 1,38 Петафлопс, за смену – 11,04 Петафлопс, за сутки – 33,177 Петафлопс информации.

Захаров А.И., Брякалов Г.А., Чмыхова Я.В. Методика оценки возможностей...



Процесс суточной переработки информации ВК «С-4»-16

Заключение

В современной практике создания и эксплуатации центров обработки данных часто возникает необходимость комплексной оценки возможностей обработки информации вычислительными средствами ЦОДа. В настоящей статье была предпринята попытка создания методики оценки таких возможностей. Расчет и оценка производительности (мощности) вычислительных средств ЦОДов позволяют решать задачу анализа для реального состава вычислительных средств ЦОДа.

Статья имеет практическую направленность и может быть полезна разработчикам ЦОДов и инженерному составу, эксплуатирующему их.

Литература

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 644 с.
2. Вычислительный комплекс «Сивуч-1». Руководство по эксплуатации. ТВГИ. 466535.130-01 РЭ. М.: МЦСТ, 2014. 124 с.
3. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий, 2007. 452 с.
4. Жизненный цикл ЦОДа: инвестиционный замысел // ЦОДы РФ. 2015. № 12. С. 18–21.
5. Ким А.К., Перекатов В.И., Ермаков С.Г., Зыков А.М., Примаков А.Н., Халиков Э.М. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус»: учеб. пособие. СПб.: Питер, 2013. 272 с.

Literatura

1. Voevodin V.V., Voevodin V.I.V. Parallel'nye vychisleniya. SPb.: BKHV-Peterburg, 2002. 644 s.
2. Vychislitel'nyy kompleks "Sivuch-1". Rukovodstvo po ekspluatatsii. TVGI. 466535.130-01 RE. M.: MCST, 2014. 124 s.
3. Gergel' V.P. Teoriya i praktika parallel'nykh vychisleniy. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, Internet-universitet informatsionnykh tekhnologij, 2007. 452 s.
4. Zhiznennyy cikl CODa: investicionnyy zamysel // CODy RF. 2015. № 12. S. 18–21.
5. Kim A.K., Perekatov V.I., Ermakov S.G., Zykov A.M., Primakov A.N., Khalikov E.M. Mikroprocessory i vychislitel'nye komplekсы semeystva "El'brus": ucheb. posobie. SPb.: Piter, 2013. 272 s.